

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012302438 **Image available**

WPI Acc No: 1999-108544/199910

XRPX Acc No: N99-078608

Diffraction optical element of optical system - has three or more laminated layers and diffraction grating at each interface of adjacent layers with even-number-th layer having uniform thickness

Patent Assignee: CANON KK (CANO); NAKAI T (NAKA-I)

Inventor: NAKAI T

Number of Countries: 027 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 895100	A2	19990203	EP 98114004	A	19980727	199910 B
JP 11044808	A	19990216	JP 97217104	A	19970728	199917
US 6262846	B1	20010717	US 98121683	A	19980724	200142
US 20010013975	A1	20010816	US 98121683	A	19980724	200149
			US 2001840232	A	20010424	
US 6330110	B2	20011211	US 98121683	A	19980724	200204
			US 2001840232	A	20010424	

Priority Applications (No Type Date): JP 97217104 A 19970728

Cited Patents: No-SR.Pub

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 895100 A2 E 18 G02B-005/18

Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT
LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI

JP 11044808 A 9 G02B-005/18

US 6262846 B1 G02B-005/18

US 20010013975 A1 G02B-027/44 Div ex application US 98121683

US 6330110 B2 G02B-005/18 Div ex application US 98121683

Abstract (Basic): EP 895100 A

A diffraction optical element (1) is composed of a multi-layer part (3) formed by laminated layers on the surface of a base (2), I.e. three layers with diffraction gratings between the first and second and second and third layers. The second layer in contact with the two diffraction gratings is made to be a layer of uniform thickness in the direction of propagation of the light over the entire area of the diffraction optical element. The layers are made of at least two kinds of materials.

The thickness of the uniform-thickness layer is greater than the depth of the grating groove of the diffraction grating formed at its boundary and is selected to give a reflecting-prevention characteristic. The uniform-thickness layer is made of a plastic optical material or of an ultraviolet-cured resin and, during use of more than three laminated layers having a diffraction grating at each interface, each even-number-th layer has a uniform thickness.

USE - Concentration of light rays of a specific or plurality of wavelengths at a design order

ADVANTAGE - High diffraction efficiency and effective suppression of flare light



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-44808

(43)公開日 平成11年(1999)2月16日

(51)Int.Cl*

G 0 2 B 5/18

識別記号

F I

G 0 2 B 5/18

審査請求 未請求 請求項の数9 FD (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平9-217104

(22)出願日

平成9年(1997)7月28日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 中井 武彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

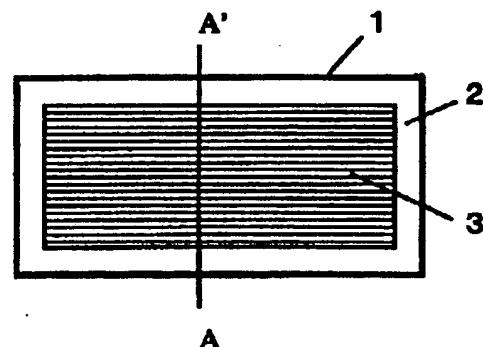
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 回折光学素子及びそれを用いた光学系

(57)【要約】

【課題】 高い回折効率が広範囲の波長域において得られる製造が容易な回折光学素子及びそれを用いた光学系を得ること。

【解決手段】 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる層を複数基盤上に積層し、使用波長領域全域で特定次数(設計次数)の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、該複数の層を基盤側から順番に第*i*層とし、第1層と第2層の境界を第1の回折格子面、第2層と第3層の境界を第2の回折格子面、第*L*層と第*L*+1層の境界を第*L*の回折格子面としたとき、偶数層は全域で均等な厚みを有する均等厚層より成り、該均等厚層を介して各回折格子が接合されていること。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる層を複数基盤上に積層し、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、該複数の層を基盤側から順番に第*i*層とし、第1層と第2層の境界を第1の回折格子面、第2層と第3層の境界を第2の回折格子面、第*L*層と第*L+1*層の境界を第*L*の回折格子面としたとき、偶数層は全域で均等な厚みを有する均等厚層より成り、該均等厚層を介して各回折格子が接合されていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項2】前記均等厚層の厚みは、それと接する回折格子の格子溝の深さより厚いことを特徴とする請求項1の回折光学素子。

【請求項3】前記均等厚層は反射防止特性を有する均等厚より成っていることを特徴とする請求項1の回折光学素子。

【請求項4】前記均等厚層を構成する材料は、プラスチック光学材料または、紫外線硬化樹脂であることを特徴とする請求項1の回折光学素子。

【請求項5】前記使用波長域が、可視光域であることを特徴とする請求項1の回折光学素子。

【請求項6】前記第1層と前記基盤が同材質であることを特徴とする請求項1の回折光学素子。

【請求項7】請求項1～6のいずれか1項記載の回折光学素子を用いたことを特徴とする光学系。

【請求項8】前記光学系は、結像光学系であることを特徴とする請求項7の光学系。

【請求項9】前記光学系は、観察光学系であることを特徴とする請求項7の光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は回折光学素子のうちに複数の波長、あるいは所定の帯域の光が特定次数（設計次数）に集中するような格子構造を有した回折光学素子及びそれを用いた光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、光学系の色収差を補正する方法の1つとして、分数の異なる2つの材質の硝材（レンズ）を組み合わせる方法がある。

【0003】この硝材の組み合わせにより色収差を減じる方法に対して、レンズ面やあるいは光学系の1部に回折作用を有する回折光学素子を用いて、色収差を減じる方法がSPIE Vol.1354 International Lens Design Conference (1990) 等の文献や特開平4-213421号公報、特開平6-324262号公報、USP第5044706号等により開示されている。

【0004】これは、光学系中の屈折面と回折面とは、ある基準波長の光線に対する色収差の出方が逆方向になるという物理現象を利用したものである。

2

【0005】さらに、このような回折光学素子は、その回折格子の周期的構造の周期を変化させることで非球面レンズ的な効果をも持たせることができ収差の低減に大きな効果がある。

【0006】ここで、光線の屈折作用において比較すると、レンズ面では、1本の光線は屈折後も1本の光線であるのに対し、回折格子では1本の光線が回折されると、各次数に光が分かれてしまう。

【0007】そこで、レンズ系として回折光学素子を用いる場合には、使用波長領域の光束が特定次数（以後設計次数とも言う）に集中するように格子構造を決定する必要がある。特定の次数に光が集中している場合では、それ以外の回折光の光線の強度は低いものとなり、強度が0の場合にはその回折光は存在しないものとなる。

【0008】そのため前記特長を、有するためには設計次数の光線の回折効率が十分高いことが必要になる。また、設計次数以外の回折次数をもった光線が存在する場合は、設計次数の光線とは別な所に結像するため、フレア光となる。

【0009】従って回折光学素子を利用した光学系においては、設計次数での回折効率の分光分布及び設計次数以外の光線の振る舞いについても十分考慮する事が重要である。

【0010】図11に示すような基板2に1つの層より成る回折格子3を設けた回折光学素子1を光学系中のある面に形成した場合の特定の回折次数に対する回折効率の特性を図12に示す。この図12で、横軸は波長をあらわし、縦軸は回折効率を表している。この回折光学素子は、1次の回折次数（図中実線）において、使用波長領域でもっとも回折効率が高くなるように設計されている。

【0011】即ち設計次数は1次となる。さらに、設計次数近傍の回折次数（1次±1次の0次光と2次光）の回折効率も併せて記しておく。

【0012】図12に示されるように、設計次数では回折効率はある波長（540 nm）で最も高くなり（以下「設計波長」と言う。）それ以外の波長では序々に低くなる。この設計次数での回折効率の低下分は、他の次数の回折光となり、フレアとなる。また、回折光学格子を複数枚使用した場合には特に、設計波長以外の波長での回折効率の低下は透過率の低下にもつながる。

【0013】この回折効率の低下を減少できる構成が特開平9-127321号公報、特開平9-127322号公報等に提示されている。特開平9-127321号公報に提示された構成は図13に示したように2つの層4、17を重ね合わされた断面形状をもつ。

【0014】一方特開平9-127322号公報に提示された構成は図14に示したように3つの層4、17、6を3層に重ね合わされた格子構造をもち、2つの境界50に設けられた回折格子面7、8で挟まれた層17の厚さ

3

が異なる構成である。この回折光学素子は各材料の境界面に回折格子面7、8を形成し、境界の前後の層の材質の屈折率差と格子溝の深さを最適化することにより、高い回折効率を実現している。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】基盤上に複数の層を積層した格子構造をもつ回折光学素子では、回折格子面の前後の材質の層の屈折率差の波長特性を所望の値にする必要がある。例えば、特開平9-127321号公報の例だと、回折格子面7の前後の層の材質は高屈折率低分散材と低屈折率高分散材の組み合わせに限定されている。

【0016】また、特開平9-127322号公報においても材質は3種類に増え、且つ2つの回折格子面7、8の格子溝の深さを変えることにより、選択できる材料の種類は大幅に増えているが、各層での材質の屈折率差の波長特性を利用する限り、各材料はおのずと制約を受けてしまう。

【0017】一方、製造の点から考えると、境界の前後の層の材質は互いの密着性の良い材質、熱膨張率の近い材質など、使用できる材料は限定される。また、各材質ともに回折格子を形成するため加工性に優れることも必要となる。

【0018】このように光学特性の点から使用できる材料が決定される上に、製造上の観点からさらに制限される。そのため、すべての条件を満足する光学材料を探すのは、かなり容易なことではない。

【0019】本発明は、基盤上に2層又はそれ以上の多層を積層した回折光学素子の各層を適切に構成することにより高い回折効率を有するとともに、容易に材料の選択ができ、且つ容易に製造でき、しかも高い回折効率が維持でき、フレア等を有效地に抑制できる回折光学素子及びそれを用いた光学系の提供を目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の回折光学素子は、(1-1) 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる層を複数基盤上に積層し、使用波長領域全域で特定次数(設計次数)の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、該複数の層を基盤側から順番に第1層とし、第1層と第2層の境界を第1の回折格子面、第2層と第3層の境界を第2の回折格子面、第L層と第L+1層の境界を第Lの回折格子面としたとき、偶数層は全域で均等な厚みを有する均等厚層より成り、該均等厚層を介して各回折格子が接合されていることを特徴としている。

【0021】特に、

(1-1-1) 前記均等厚層の厚みは、それと接する回折格子の格子溝の深さより厚いこと。

【0022】(1-1-2) 前記均等厚層は反射防止特性を有

4

する均等厚より成っていること。

【0023】(1-1-3) 前記均等厚層を構成する材料は、プラスチック光学材料または、紫外線硬化樹脂であること。

【0024】(1-1-4) 前記使用波長域が、可視光域であること。

【0025】(1-1-5) 前記第1層と前記基盤が同材質であること。等を特徴としている。

【0026】本発明の回折光学素子を用いた光学系は、(2-1) 構成(1-1) の回折光学素子を一部に用いていることを特徴としている。

【0027】特に、

(2-1-1) 回折光学素子を結像光学系や、観察光学系に用いていることを特徴としている。

【0028】

【発明の実施の形態】図1は本発明の回折光学素子の実施形態1の正面図である。同図において回折光学素子1は基盤2の表面に複数の層より成る多層部3が作成された構成となっている。図2は図1の回折光学素子1を図中A-A'断面で切断した断面形状の一部である。図2は格子面(回折格子面)7、8の深さ方向にかなりデフォルメされた図となっている。

【0029】本実施形態の回折光学素子1の断面格子形状は、基盤2上に設けられた第1層4、第2層5、第3層6の3つの層からなり、第1層4と第2層5の境界部に第1の回折格子面7、第2層5と第3層6の境界部に第2の回折格子面8を有し、前記2つの回折格子面7、8に接する第2層5は、回折光学素子1全域において光の進行方向の厚みが均等な均等厚層となっている。

【0030】また均等厚層5を介して第1の回折格子面7と、第2の回折格子面8が形成されているので、第1の回折格子面7と第2の回折格子面8の格子形状は全く同じ形状を有している。そして全層を通して一つの回折光学素子1として作用することを特徴としている。

【0031】ここで、一面に回折格子面を持ち、材質の厚さが周期的に変わる層(4、6)を回折格子と言う。

【0032】このように本実施形態の回折光学素子は少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる複数の層が基盤上に重ね合わされた格子構造をもち、基盤2側から順番に第1層と第2層の境界を第1の回折格子面、第2層と第3層の境界を第2の回折格子面、第L層と第L+1層の境界を第Lの回折格子面としたとき、各回折格子は偶数層が全域で均等な厚みを有する均等厚層を介して接合されることを特徴としている。

【0033】ここで本発明の回折光学素子の形状に類似した構成が、特開平9-127321号公報に開示されている。しかし同公報の回折光学素子の目的は回折格子を複数用いることにより、個々の回折パワーを分担することである。そのため個々の回折格子が独立で回折特性を有することが前提となり、本発明のように2つの回折

5

格子4、6が一体となり、一つの回折格子の作用をするものは、回折格子のサイズ、層の材質が全く異なる構成になっている。

【0034】また同公報においては、目的を達成するための構成が本発明と同じ回折格子の向きでは実現することはできず、実際には図14に示す形状と回折格子の向きを異ならせる必要がある。この点からも本発明と同公報の回折光学素子とは構成が全く異なっている。

【0035】次に本発明の回折光学素子の回折効率について説明する。

【0036】図11に示すような空気中で使用される通常の1層の透過型の回折格子3で、設計波長 λ_0 で回折効率が最大となる条件は、光束が回折格子に対して垂直*

$$(n_01 - n_02) d = (n_03 - n_02) d = m \lambda_0 \quad \dots \dots (1)$$

となる。

【0039】ここで n_01 は第1層4の材質の波長 λ_0 での屈折率、 n_02 は第2層5の材質の波長 λ_0 での屈折率、 n_03 は第3層6の材質の波長 λ_0 での屈折率である。(2)式で各回折格子4、6の格子厚が異なる場合が、特開平9-127322号公報に開示された式である。

10 * 入射した場合は、回折格子面7の山と谷の光学光路長差 d_0 が波長の整数倍になればよく、

$$d_0 = (n_0 - 1) d = m \lambda_0 \quad \dots \dots (1)$$

となる。ここで n_0 は波長 λ_0 での回折格子3の材質の屈折率、 d は格子厚、 m は回折次数である。

【0037】2つ以上の回折格子、即ち2層以上の構造からなる回折光学素子でも、基本的な考え方は同様で、全層を通して一つの回折格子として作用させるためには、各層の境界に形成された回折格子の山と谷の光学光路長差を求めて、それを全層にわたり加えあわせたものが波長の整数倍になるように決定する。

【0038】従って図2に示した本実施例の場合の条件式は

$$(n_01 - n_02) d = (n_03 - n_02) d = m \lambda_0 \quad \dots \dots (2)$$

* 【0040】本実施形態としては、対向する格子形状が等しくなるように形成したことを特徴としている。このように構成すれば、(2)式は、

$$(n_01 - n_03) d = m \lambda_0 \quad \dots \dots (3)$$

となり、このときの回折効率を κ 、位相誤差を ϕ_0 とし、 $\phi_0 = (n_01 - n_03) d - m \lambda_0$ とおいたとき

*

$$\begin{aligned} \kappa &= \text{sinc}^2 [(n_01 - n_03) d / m \lambda_0 - 1] \\ &= \text{sinc}^2 (\phi_0 / m \lambda_0) \end{aligned} \quad \dots \dots (4)$$

ここで $\text{sinc}(x) = \sin(\pi x) / \pi x$ なる関数で表される。

【0041】従って使用波長域全域で(3)式がみたされば、回折効率は(4)式において位相誤差 ϕ_0 が0となり、 $\kappa = \text{sinc}^2[0] = 1$ より全ての使用波長で最大となる。

【0042】ここで上記(4)式には第2層5の材質の屈折率は含まれていない。これは、第2層5の材質は回折効率に影響を与えないことを意味し、屈折率、分散とともに任意の値を持つ材料を使用できることになる。

【0043】この本発明の特徴により、第1層4の材質と、第3層6の材質は、光学特性を満足するような材質を選択し、第2層5の材質としては、第1層の材質と、第3層の材質を接合するまでの不備を補うような材料を選択している。

【0044】以下、具体的な材料の選択について説明する。

【0045】まず第1、第3層にガラスを使用した場合について説明する。この場合、回折効率を満足するガラスの組み合わせは、特開平9-127321号公報に示された、2層の回折光学素子の材質の組み合わせと同等の組み合わせが使用できる。

【0046】一方製造を考えると、図3に示したような方式が考えられる。まず図3(A)のように第1層4めのガラス表面に回折格子面7を成形等で形成し、回折格子4を作成する。この例では基盤2と第1層4を同じ材質とし成形している。

40

* 入射した場合は、回折格子面7の山と谷の光学光路長差 d_0 が波長の整数倍になればよく、

$$d_0 = (n_0 - 1) d = m \lambda_0 \quad \dots \dots (1)$$

となる。ここで n_0 は波長 λ_0 での回折格子3の材質の屈折率、 d は格子厚、 m は回折次数である。

【0047】同様な手法により、第3層6めのガラスにも回折格子を形成する(図3(B))。

【0048】次に均等厚層の第2層5を介して貼り合わせる(図3(C))ことにより最終形状(図3(D))を得ている。従来ガラス同士を接合する場合は、図15に示したように第1層4めの回折格子4を型による成形

などで成形した後(図15(A))第2層めのガラス材料17を、第1の回折格子4に流し込み、冷却することで2層の回折光学素子を製造していた(図15(B))。

【0049】この場合第1層4めには融点の高い光学ガラス、第2層17めには低融点ガラスを用いる必要があった。このため光学特性の点で回折効率を高く維持できる光学ガラスの組み合わせが存在しても、製造上の問題から使用できないなどの問題があった。

【0050】そこで、本発明の実施形態における均等厚層の材料として、紫外線により硬化する樹脂を用いたり、ガラスとの融点の差が大きい材質を用いることで2つのガラス材料を貼り合わせることができる。この手段は、特開平9-127322号公報にも示されている。

【0051】本実施形態では、均等厚層を設けることで、回折効率を満足するための光学材料の探索を第1、第3層で、製造上必要な特性を有する材料の探索を第2層で独立に行え、これによって、従来、ガラス同士の接合が難しく製造が容易ではなかった、2種類の光学ガラスの組み合わせで高い回折効率を有する回折光学素子も容易に製造できることを特徴としている。

【0052】次に第1層にガラス、第3層にプラスチック材を使用した場合について説明する。この場合には、第2層の材質として、ガラスとプラスチック材の熱膨張特性の中間の特性を持つような材質を介して接合すればよい。このような材質を用いれば、従来のガラスとプラスチックを直接接合していた場合に、熱による材質の膨張、収縮でガラスとプラスチックの境界面が剥離したり、微細なひび割れが発生する問題は解決することができる。

【0053】さらに上記製造法では、第1の回折格子4と第2の回折格子6の格子面形状が全く凸凹が逆になった形状をしているので、一つの型とともに、スタンプ複製することで、容易に凸凹の型を得ることができる。また、上記製法で作成した場合、第1層側の回折格子4の格子形状と、第2の回折格子6の格子面形状は、製造の誤差が生じた場合にも、凸凹の逆になった同じ形状になる。

【0054】以下この点について、回折格子を製造するまでの特長を特開平9-127322号公報の第2層が異なる厚みをもつ構成と比較して説明する。

【0055】各構成において、格子厚が設計値に対してばらついた場合を考える。本発明の構成では、第1層を株式会社OHARA社製の光学ガラスBSM81 ($n_d=1.6400$ 、 $\nu_d=60.1$)、第2層を株式会社大日本インキ社製の紫外線硬化樹脂C001 ($n_d=1.5250$ 、 $\nu_d=50.8$)、第3層をプラスチック材PC ($n_d=1.5831$ 、 $\nu_d=30.2$)なる材質を使用した。

【0056】この構成での各境界の回折格子4、6の格子厚は $10.3\mu m$ である。この場合、格子厚の製造ばらつきとして3%の誤差が生じたとする。図4に両方の回折効率を示す。図中①に設計値の回折効率を、②に格子厚が3%薄く製造された場合、具体的には格子厚 $10\mu m$ の回折効率を示す。

【0057】この場合は上記製法で製造すると第1の回折格子4、第2の回折格子6ともに格子厚は $10\mu m$ に薄くなる。従って本発明の特徴である均等厚層の均等厚である状態は維持される。図4からわかるように上記製法で製造した回折光学素子は3%程度の精度誤差が生じても回折効率の変化はわずか2%程度であり、形状の製造上かなり容易に作成できる。

【0058】次に格子厚が異なる構成として第1層をプラスチック材PMMA ($n_d=1.4917$ 、 $\nu_d=57.4$)、第2層をプラスチック材PC ($n_d=1.5831$ 、 $\nu_d=30.2$)、第3層を空気とし、第1の回折格子4の、格子厚を $15.16\mu m$ 、第2の回折格子6の格子厚を $3.34\mu m$ なる構成を用いる。この場合も格子厚に3%の製造誤差が生じた場合を考える。

【0059】図5にこの構成での回折効率を示す。図中曲線①に設計値の回折効率を、曲線②に第1の回折格子4の格子厚が3%薄く製造された場合、曲線③に第2の

10

20

30

40

50

回折格子6の格子厚が3%薄く製造された場合を示す。【0060】曲線②、ともに10~15%程度回折効率が低下している。曲線③においては格子厚自体が薄いので実際はわずか $0.1\mu m$ の誤差であるにもかかわらず、回折効率は大きく変動しており、製造上はかなり精度が必要な構成であることがわかる。

【0061】このように等しい格子厚に回折格子を構成することは、異なる格子厚に回折格子を構成した回折光学素子に比べて製造が容易になるという特長がある。

【0062】さらに上記特長を有する製法として図6に示した方式も考えられる。図6(A)のように第1層4のガラス材より成る回折格子を型による成形等で形成し、その上に、第1層4の成形に使用した型9を使い(図6(B))、第2層5の均等厚層を成形する(図6(C))。

【0063】次に均等厚層5の上に第3層6を成形する(図6(D))ことにより最終形状(図6(E))を得ることができる。このようにすれば、回折格子面7、8は同じ型により成形されるのでさらに好ましい。

【0064】以上説明した構成では、第2層の光学特性は回折効率に寄与しないため、特に光学特性に限定はしていないが、使用波長域で透過性の高い材料を使用すれば、さらに回折効率は高められる。

【0065】また第2層の均等厚層の厚みは、回折効率に寄与しないので、任意に設定できる。ただし、あまり厚いと積層された複数の回折格子を1つの回折光学素子と見做せなくなるので、複数の層の合成格子厚が薄型の回折格子の条件を満たすようになるのが望ましい。

【0066】以上述べた説明は、1周期の回折格子形状に限定して説明を行った。しかし、回折格子の回折効率については、回折格子のピッチは基本的には影響しないことが、公知である。

【0067】つまり本実施形態は図1に示した1次元の回折格子の他に、図7に示すような回折光学レンズなどあらゆる格子ピッチ形状を有する回折光学素子に応用することができる。

【0068】また、実施形態の説明では平板2上に複数の回折格子を設けた回折光学素子について説明したが、回折格子をレンズ曲面表面に設けても同様の効果が得られる。

【0069】また本実施形態では、回折次数が1次光の場合を示したが、1次光に限定するものではなく、2次光などの異なる回折次数光であっても、合成光学光路長差を所望の回折次数で所望の設計波長となるように設定すれば同様の効果が得られる。

【0070】次に本発明の回折光学素子の実施形態2について説明する。前述の実施形態において第2層の材料の厚みは特に規定されていなかった。均等厚層がない場合、境界面での材質の屈折率差が大きいと、光束の一部が反射し、境界面が反射型の回折格子のように作用し、

9

不要な次數光が発生しフレアとなってくる。

【0071】そこで、実施形態2においては、均等厚層の厚みを境界での反射を防止する厚みに設定して、さらに不要回折次数の発生のない設計次数で高い回折効率が得られる回折光学素子を達成している。

【0072】具体的には2層材質の波長λ0での屈折率をn0.2、厚さをd2としたとき

$$n_0.2 \times d_2 = m \times (\lambda_0 / 4) \quad (m \text{は整数})$$

となるようにしている。

【0073】前述の実施形態では2つの回折格子を均等厚層を介して形成したが、2つの回折格子に限定するものではなく、3つ以上の回折格子部を有する場合にも本発明の均等厚層による構成を適用できる。

【0074】図8に3つの回折格子を有する構成を示す。ここで、基盤に近いほうから第1層、第2層と順に第5層まで積層し、各境界に基盤に近いほうから第1の回折格子面から第5の回折格子面までを形成する。この場合、回折格子を第1、第3、第5層に形成し、本発明の特長である均等厚層は第2層と第4層に設けるようにする。このようにすれば第1層と第2層、第2層と第3層間の回折格子面は同じ形状になる。

【0075】一般的にL層からなる積層構造の回折光学素子では、第2h層を均等厚層とし、第2h-1番めの回折格子面と第2h番めの回折格子面を同形状とすればよい。ここで2h≤L、hは正数である。このような構成にすれば多層構造の回折光学素子の場合でも本発明の特長を得ることができる。

【0076】図9は本発明の回折光学素子を用いた光学系の実施形態4の概略図であり、カメラ等の撮影光学系の断面を示している。同図中、10は撮影レンズで、内部に絞り11と回折光学素子1を持っている。12は結像面であるフィルムまたはCCDである。

【0077】積層構造の回折光学素子を用いることで、回折効率の波長依存性は大幅に改善されているので、フレアが少なく低周波数での解像力も高い高性能な撮影レンズを達成している。又、本発明の回折光学素子は、簡単な製法で作成することができる、撮影レンズとしては量産性に優れた安価なレンズを提供することができる。

【0078】図9では絞り11近傍の平板ガラス面に回折光学素子1を設けたが、これに限定するものではなく、レンズ曲面表面に回折光学素子を設けても良いし、撮影レンズ内に複数、回折光学素子を使用しても良い。

【0079】また、本実施形態では、カメラの撮影レンズの場合を示したが、これに限定するものではなく、ビデオカメラの撮影レンズ、事務機のイメージキャナーや、デジタル複写機のリーダーレンズなどに使用しても同様の効果が得られる。

【0080】図10は本発明の回折光学素子を用いた光学系の実施形態5の概略図であり、双眼鏡等観察光学系

10

の断面を示したものである。同図中、13は対物レンズ、14は像を成立させるための像反転プリズム、15は接眼レンズ、16は評価面(瞳面)である。

【0081】図中1は回折光学素子である。回折光学素子1は対物レンズ13の結像面12での色収差等を補正する目的で形成されている。

【0082】積層構造の回折光学素子を用いることで、回折効率の波長依存性は大幅に改善されているので、フレアが少なく低周波数での解像力も高い高性能な対物レンズを達成している。又、本発明の回折光学素子は、簡単な製法で作成できるので、観察光学系としては量産性に優れた安価な光学系を提供できる。

【0083】本実施形態では、対物レンズ部13に回折光学素子1を形成した場合を示したが、これに限定するものではなく、プリズム表面や接眼レンズ15内の位置であっても同様の効果が得られる。結像面12より物体側に設けると対物レンズ13のみでの色収差低減効果があるため、肉眼の観察系の場合すくなくとも対物レンズ13がわに設けることが望ましい。

【0084】また本実施形態では、双眼鏡の場合を示したが、これに限定するものではなく地上望遠鏡や天体観測用望遠鏡などであってもよく、またレンズシャッターカメラやビデオカメラなどの光学式のファインダーであっても同様の効果が得られる。

【0085】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、基盤上に2層又はそれ以上の多層を積層した回折光学素子の各層を適切に構成することにより高い回折効率を有するとともに、容易に材料の選択ができ、且つ容易に製造でき、しかも高い回折効率が維持でき、フレア等を有効に抑制できる回折光学素子及びそれを用いた光学系を達成することができる。

【0086】特に基盤上に複数の層を積層するとき、均等厚層を介して接合することで、回折効率に寄与する光学特性は隣接する一方の光学材料に、製造の容易さに寄与する特性はもう一方の均等厚層に分担することで、材料の選択の幅が広がり、且つ容易に製造でき、しかも高い回折効率が維持でき、フレア等を有効に抑制できる回折光学素子を提供することができる。

【0087】また本発明の回折光学素子を撮影レンズに使用すれば、安価で高精度な撮影レンズを提供することができる。

【0088】また本発明の回折光学素子を観察光学系に使用すれば、安価で高精度な観察光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の回折光学素子の実施形態1の要部正面図

【図2】本発明の回折光学素子の実施形態1の要部断面図

11

【図3】本発明の回折光学素子の実施形態1の製造方法の説明図

【図4】本発明の回折光学素子の実施形態1の回折効率の説明図

【図5】従来の回折光学素子の回折効率の説明図

【図6】本発明の回折光学素子の実施形態1の製造方法の説明図

【図7】本発明の回折光学素子の実施形態1の他の形状の説明図

【図8】本発明の回折光学素子の実施形態3の要部断面図

【図9】本発明の回折光学素子を用いた光学系の実施形態4の概略図

【図10】本発明の回折光学素子を用いた光学系の実施形態5の概略図

【図11】従来の回折光学素子の要部断面図

【図12】従来の回折光学素子の回折効率の説明図

【図13】従来の回折光学素子の格子形状の説明図

12

【図14】従来の回折光学素子の格子形状の説明図

【図15】従来の回折光学素子の製造方法の説明図

【符号の説明】

1 回折光学素子

2 基盤

3 多層部

4, 6, 17 層(回折格子)

5 層(均等厚層)

9 成形型

10 撮影レンズ

11 素り

12 結像面

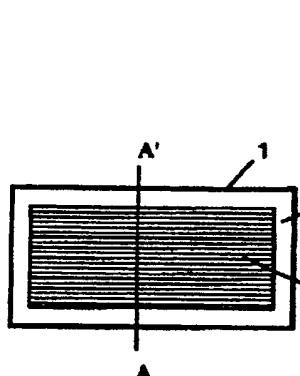
13 対物レンズ

14 像反転プリズム

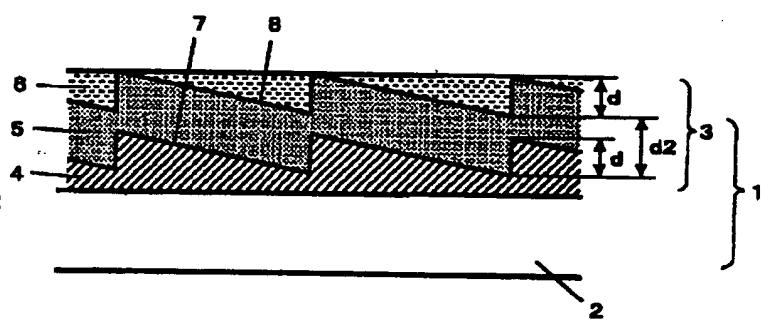
15 接眼レンズ

16 瞳面

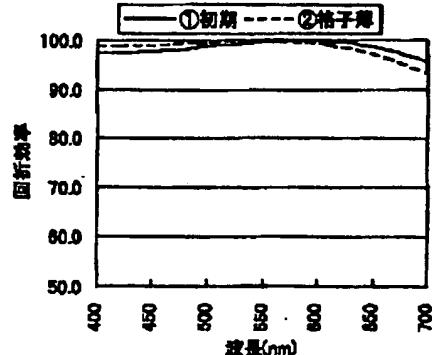
【図1】



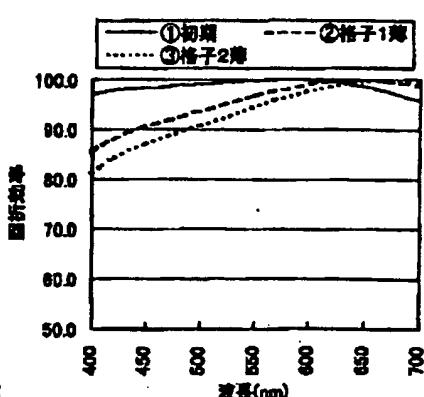
【図2】



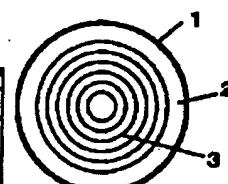
【図4】



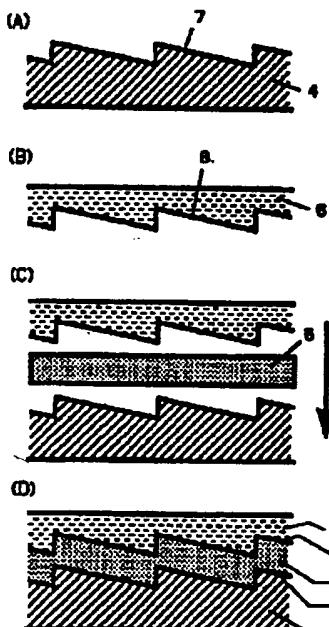
【図5】



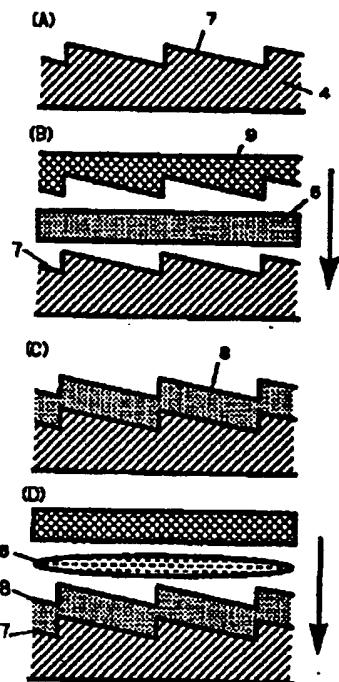
【図7】



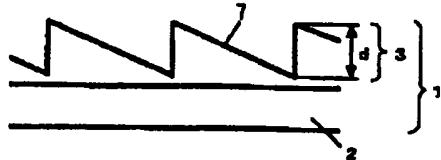
【図3】



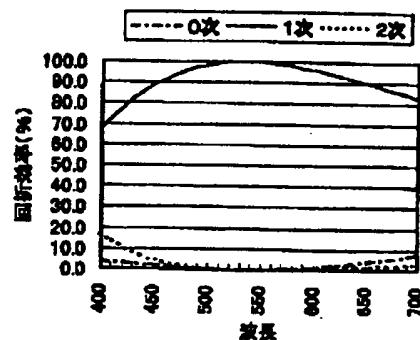
【図6】



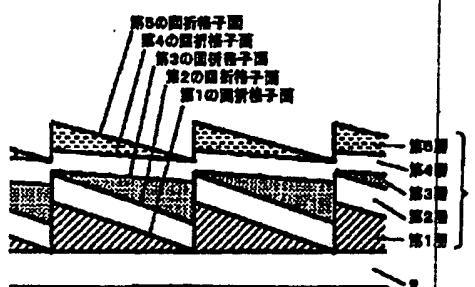
【図11】



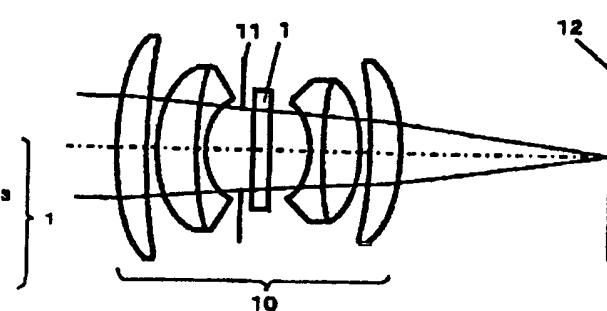
【図12】



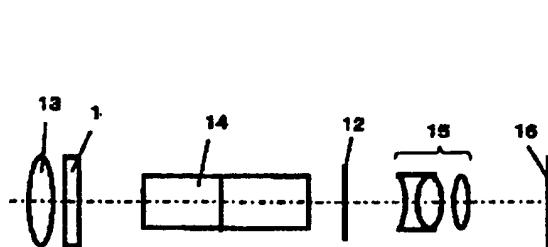
【図8】



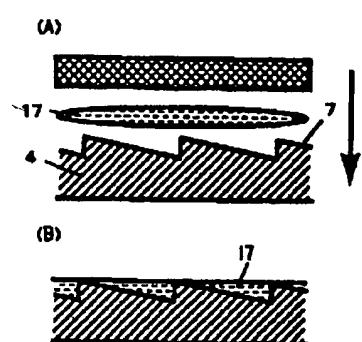
【図9】



【図10】



【図15】



【図13】



【図14】



